

Über das Auftreten der Natrium-D-Linien im Nachthimmelleuchten und im Nordlicht

Cario, Günther
Stille, Ulrich

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 6, 1954, S. 62-67



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

Über das Auftreten der Natrium-D-Linien im Nachthimmel- leuchten und im Nordlicht

Von Günther Cario und Ulrich Stille

Mit 1 Abbildung

Abstract: In the course of investigations of the twilight-effect of the D-lines of sodium 14 spectra were photographed on March 1, 1941, showing the strong aurora on this evening. The spectra prove unambiguously that the twilight-effect occurs completely undisturbed and independent of the aurora observed at the same time; i. e. the layers normally emitting the D-lines in the night-sky are not affected by the aurora. The auroral spectrum does not contain the D-lines. Thus the aurora took place above the layer emitting the D-lines in the night-sky. Occasional observations of the D-lines in auroras of higher layers indicate that in such cases the sodium was of extraterrestrial origin.

Während die Natrium-D-Linien im Nachthimmelleuchten, insbesondere zur Zeit der Dämmerung, regelmäßig beobachtet werden, wurden diese Linien im Nordlicht im allgemeinen nicht gefunden. Erst in neuerer Zeit sind einige Nordlichter beobachtet worden, in denen eindeutig die gelben Natrium-Linien nachgewiesen werden konnten [1, 2]*). Es liegt die Frage nahe, ob es sich hier um ein gelegentliches Auftreten dieser Linien handelt oder ob bei älteren Beobachtungen die Linien aus irgendwelchen Gründen übersehen worden sind.

Ein gelegentliches Erscheinen der Natrium-Linien im Nordlicht könnte zurückgeführt werden auf das Eindringen von kosmischen Staubmassen oder ähnlichem. Das regelmäßige Auftreten der Natrium-Linien im Nachthimmelleuchten legt andererseits die Vermutung nahe, daß diese Erscheinung mit der gelegentlichen Beobachtung dieser Linien in Nordlichtspektren in keinem näheren Zusammenhang steht, wie von den Verfassern [5] schon früher ausgeführt wurde.

Da im Nordlicht außer diesen Linien des Natriums auch Wasserstofflinien [6, 7, 8] beobachtet wurden, ist die naheliegende Vermutung wiederholt geäußert worden [5, 6, 7, 8, 9], daß Spuren dieser Elemente von außen in die Erdatmosphäre eindringen. Weiterhin wurde aber auch die Ansicht vertreten, daß die im Nachthimmellicht leuchtende Natriumschicht ihren Gehalt an Natrium gleichfalls von außen zugeführt bekomme [10, 11].

So sehr auch das gelegentliche Auftreten der D-Linien im Nordlicht auf kosmischen Ursprung des angeregten Natriums hindeutet, so erscheint doch im Hinblick auf die bisher beobachtete Unabhängigkeit der D-Linien-Strah-

*) Mit einem registrierenden photoelektrischen Photometer beobachteten Barbier und Pettit [3] im Filterbereich (Bandbreite etwa 150 Å) um 5930 Å gegenüber der im Nachthimmellicht gemessenen Intensität bei Nordlicht eine Verstärkung um den Faktor 10 bis 15, die auf die Emission von Banden des N_2 oder O_2 im Nordlicht zurückgeführt wird. Oliver, Wolnik, Scanlon und Chamberlain [4] haben die D-Linien mit starker Intensität auf zahlreichen Nordlichtspektren photographiert. Nach Auffassung der Autoren handelt es sich bei diesen Beobachtungen allerdings um eine Überlagerung von „airglow“ über die untersuchten Nordlichter.

lung in Nordlicht und Nachthimmellicht noch keinesfalls der Schluß gerechtfertigt, auch für die im Nachthimmellicht emittierenden Natrium-Atome nur extraterrestrische Herkunft anzunehmen*).

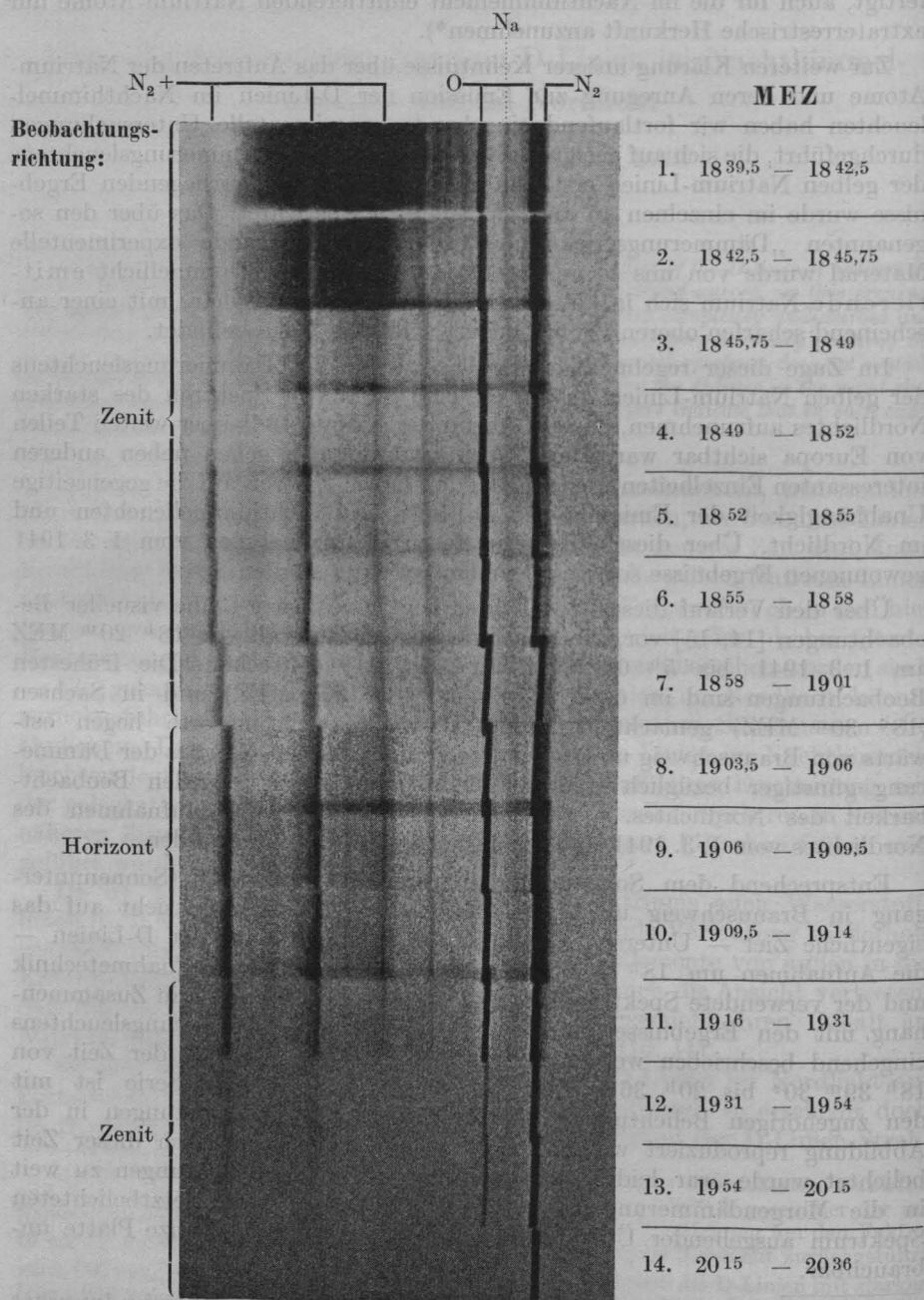
Zur weiteren Klärung unserer Kenntnisse über das Auftreten der Natrium-Atome und deren Anregung zur Emission der D-Linien im Nachthimmellicht haben wir fortlaufend eingehende experimentelle Untersuchungen durchgeführt, die sich auf geeignete Beobachtungen des Dämmerungsleuchtens der gelben Natrium-Linien erstreckten. Über die bisher vorliegenden Ergebnisse wurde im einzelnen an anderer Stelle [12] berichtet. Das über den sogenannten „Dämmerungseffekt“ der D-Linien vorliegende experimentelle Material wurde von uns so gedeutet, daß das im Nachthimmellicht emittierende Natrium sich in höheren Schichten der Atmosphäre mit einer anscheinend scharfen oberen Grenze bei etwa 118 km Höhe befindet.

Im Zuge dieser regelmäßigen Beobachtungen des Dämmerungsleuchtens der gelben Natrium-Linien gelang es, eine Serie von Spektren des starken Nordlichtes aufzunehmen, das am Abend des 1. März 1941 über weiten Teilen von Europa sichtbar war. Diese Spektralaufnahmen geben neben anderen interessanten Einzelheiten wieder einen deutlichen Hinweis auf die gegenseitige Unabhängigkeit der Emission der D-Linien im Nachthimmellicht und im Nordlicht. Über diesen Teil der durch die Aufnahmen vom 1. 3. 1941 gewonnenen Ergebnisse soll im folgenden berichtet werden.

Über den Verlauf dieses Nordlichtes liegt eine ganze Reihe visueller Beobachtungen [14, 15] vor, die sich auf das Zeitintervall von 18^h 20^m MEZ am 1. 3. 1941 bis 5^h 0^m MEZ am 2. 3. 1941 erstrecken. Die frühesten Beobachtungen sind im östlichen Balkan (18^h 30^m MEZ) und in Sachsen (18^h 30^m MEZ) gemacht worden. Diese Beobachtungsorte liegen ostwärts von Braunschweig und daher wegen des früheren Eintritts der Dämmerung günstiger bezüglich einer möglichst frühzeitigen visuellen Beobachtbarkeit des Nordlichtes. Veröffentlichungen von Spektralaufnahmen des Nordlichtes vom 1. 3. 1941 sind uns bisher nicht bekanntgeworden.

Entsprechend dem Sonnenuntergang für den 1. 3. 1941 (Sonnenuntergang in Braunschweig um 17^h 57^m MEZ) wurden mit Rücksicht auf das eigentliche Ziel — Untersuchung des Dämmerungseffektes der D-Linien — die Aufnahmen um 18^h 39^m 30^s MEZ begonnen. Die Aufnahmetechnik und der verwendete Spektrograph sind an anderer Stelle [12] in Zusammenhang mit den Ergebnissen der Untersuchungen des Dämmerungsleuchtens eingehend beschrieben worden. Wir erhielten 14 Spektren in der Zeit von 18^h 39^m 30^s bis 20^h 36^m MEZ auf zwei Platten. Diese Serie ist mit den zugehörigen Belichtungszeiten und Beobachtungseinrichtungen in der Abbildung reproduziert worden. Eine weitere Platte, die nach dieser Zeit belichtet wurde, war leider nicht verwertbar, da die Belichtungen zu weit in die Morgendämmerung ausgedehnt wurden; ein vom letztbelichteten Spektrum ausgehender Überstrahlungslichthof machte die ganze Platte unbrauchbar.

*) Beobachtungen [13] über den jahreszeitlichen Verlauf der D-Linien-Intensität während der Dämmerung auf der nördlichen und südlichen Erdhalbkugel legen einen terrestrischen Ursprung des Natriums nahe.



Reproduktion der am 1. 3. 41 während starken Nordlichts erhaltenen Spektren.

Schon das erste Spektrum — Belichtung $18^h 39^m 30^s$ bis $18^h 42^m 30^s$ MEZ — zeigt äußerst intensiv die für Nordlicht charakteristischen Linien (rote und grüne Sauerstofflinie) und Banden (negative Gruppe des Stickstoffmoleküls, 1. und 2. positive Gruppe des neutralen Stickstoffmoleküls). Diese Beobachtung steht im Einklang mit magnetischen Beobachtungen [16], nach denen das Maximum der magnetischen Störungen in den Nachmittagsstunden — etwa 16^h bis 18^h MEZ — gelegen hat. Die direkten visuellen Beobachtungen dieses Nordlichtes, von denen uns 24 zugänglich geworden sind, beginnen mit Ausnahme der 3 oben schon genannten, weiter ostwärts von Braunschweig gemachten später, da das Nordlicht am Dämmerungshimmel als solches nicht mit voller Sicherheit zu identifizieren war. Die Nordlichterscheinungen sind auf sämtlichen 14 Spektren, also bis $20^h 36^m$ MEZ, eindeutig zu verfolgen.

Hier soll entsprechend den eingangs erwähnten Überlegungen das Verhalten der Natrium-Linien in Zusammenhang mit einem Nordlicht erörtert werden. Wie in der Abbildung angegeben, sind die Spektren 1 bis 7 und 11 bis 14 mit auf den Zenit gerichtetem Spektrographen und die Spektren 8 bis 10 gegen den Horizont mit einer Zenitdistanz von $73^\circ 14'$ im Sonnenmeridian gewonnen worden. Bei den Aufnahmen gegen den Zenit erscheinen die D-Linien in den Spektren 1 und 2 noch deutlich, während ihre Intensität im Spektrum 3 bereits sehr gering ist. Bei den Aufnahmen gegen den Horizont sind die D-Linien auf dem Spektrum 8 gerade noch zu erkennen. Aus den beiden Zeiten, zu denen nach diesen Aufnahmen die D-Linien bei der Beobachtung gegen Zenit und Horizont verschwinden, kann die obere Grenze der im Dämmerungslicht leuchtenden Natriumschichten berechnet werden. Sie ergibt sich für den 1. 3. 1941 zu etwa 113 km. Bezüglich der näheren Einzelheiten dieser Auswertung sei auf die eingehende Darstellung der Dämmerungsuntersuchungen [12] verwiesen.

Als Mittelwert aus allen im Jahre 1941 von den Verfassern gewonnenen Dämmerungsbeobachtungen hatte sich für die obere Grenze der emittierenden Natriumschicht eine Höhe von 118 bis 119 km ergeben. Zweifellos unterliegt die Auswertung des Dämmerungseffektes aus den am 1. 3. 1941 gewonnenen Spektren wegen des überlagerten starken Nordlichtes etwas größeren Ungenauigkeiten, als sie bei den übrigen nordlichtfreien Spektren auftreten. Jedenfalls kann aber festgestellt werden, daß auch am 1. 3. 1941 innerhalb der Meßgenauigkeit die obere Grenze der die D-Linien emittierenden Natriumschicht in der gleichen Höhe liegt wie an anderen Tagen*). Diese Tatsache bedeutet, daß die Spektren mit überlagertem Nordlicht am 1. 3. 1941 bezüglich der Natrium-Linien ein vollkommen normales Verhalten zeigen, wie es an nordlichtfreien Tagen die Regel ist.

Man kann also aus den von starkem Nordlicht überlagerten Dämmerungsaufnahmen vom 1. 3. 1941 folgenden, für die in dieser Arbeit behandelten Fragen wichtigen Schluß ziehen: Die regelmäßig im gelben Licht der Natrium-D-Linien leuchtende Schicht, deren obere Grenze nach den verschiedenen Dämmerungsbeobachtungen bei etwa 118 km Höhe liegt, wird nicht beein-

*) Bedenken gegen das benutzte Auswertverfahren der nach der Zenit-Horizont-Methode gewonnenen Spektren, wie sie Bricard und Kastler [13] äußerten, werden an anderer Stelle [14] als unbegründet widerlegt.

flußt von den Vorgängen, die zum Aufleuchten des Nordlichtes führen. Über die Höhe dieses Nordlichtes sind uns Einzelheiten bisher nicht bekanntgeworden. Man muß aber annehmen, daß die Schicht des leuchtenden Natriums außerhalb des Nordlichtes in den verschiedenen Beobachtungsrichtungen über Braunschweig gelegen hat.

Das bemerkenswerte Ergebnis dieser Beobachtung ist also, daß in einer Höhe, die den Nordlichtern sehr wohl zugänglich ist, bei besonders starkem Nordlicht das Leuchten des Natriums, das unter Mitwirkung der Sonnenstrahlung auftritt, überhaupt nicht beeinflußt wird. Die Natrium-D-Linien treten nicht verstärkt auf. Sie verlieren ferner an Intensität sehr wesentlich, sobald die Schicht aus dem Bereich der für sie wirksamen Sonnenstrahlen in den Schatten eintaucht. Weiter kann festgestellt werden, daß die Höhenschichten, die im Nordlicht aufleuchteten, offenbar weitgehend frei von natriumhaltigen Beimengungen gewesen sind. Denn anderenfalls wäre bei der Intensität des Nordlichtes auch eine Anregung der Natrium-D-Linien zu erwarten gewesen.

Wenn also gelegentlich die D-Linien auch im Nordlicht beobachtet worden sind, so handelt es sich um Sonderfälle, bei denen Natrium von außen in die Erdatmosphäre eingedrungen ist oder die das Nordlicht anregenden Strahlen die normalerweise natriumführende Schicht unterhalb 118 km Höhe mit hinreichender Intensität erreichten. Man wird ferner behaupten können, daß eine an Natrium reiche Schicht in einer Höhe von 100 bis 118 km ständig vorhanden ist. In welcher chemischen Form sich das Natrium in diesen Schichten befindet, ist bislang nicht entschieden. Auch läßt sich wohl noch nicht festlegen, von woher dieses Natrium in diese Höhe gelangt oder welche Umstände zu einer Anreicherung in diesen Höhen führen.

Zusammenfassung

Im Verlaufe von Untersuchungen über den Dämmerungseffekt der Natrium-D-Linien wurden am 1. 3. 1941 14 Spektren aufgenommen, die das an diesem Abend starke Nordlicht enthalten. Die Spektren zeigen eindeutig, daß der Dämmerungseffekt in der normalerweise im Nachthimmelleuchten die D-Linien emittierenden Schicht völlig ungestört und unabhängig von dem gleichzeitig beobachteten Nordlicht verläuft. Das eigentliche Nordlichtspektrum enthält die D-Linien nicht. Die Nordlichterscheinungen spielten sich also oberhalb der im Nachthimmelleuchten die D-Linien emittierenden Schicht ab. Gelegentliche Beobachtungen der D-Linien im Nordlicht aus höheren Schichten deuten demnach darauf hin, daß in solchen Fällen Natrium von außen in diese Teile der Erdatmosphäre eingedrungen ist und diese Natriummengen nichts mit der regelmäßig natriumführenden Schicht zu tun haben.

Literatur

- [1] F. W. P. Götz, Die Sterne **20**, 113, 1940.
- [2] L. Vegard, Gerlands Beitr. **57**, 289, 1941.
- [3] D. Barbier und H. Pettit, Ann. Geophys. **8**, 232, 1952.
- [4] N. J. Oliver, S. J. Wolnik, J. C. Scanlon und J. W. Chamberlain, J. Opt. Soc. Amer. **43**, 710, 1953.
- [5] G. Cario und U. Stille, Z. Phys. **116**, 122, 1940.
- [6] L. Vegard, Nature **144**, 1089, 1939; C. R. **230**, 1884, 1950; Ass. Terr. Magn. Electr. IATME Bull. No. **13**, 479, 1950.
- [7] C. W. Gartlein, Ass. Terr. Magn. Electr. IATME Bull. No. **13**, 491, 1950; Trans. Amer. Geophys. Un. **31**, 18, 1950; **32**, 120, 1951; Nature **167**, 277, 1951; Phys. Rev. (2) **81**, 463, 1951.
- [8] A. B. Meinel, Science **112**, 590, 1950; Rep. Progr. Phys. **16**, 121, 1951.
- [9] G. Cario und U. Stille, Z. Phys. **113**, 442, 1939.
- [10] J. Cabannes, J. Dufay und J. Gauzit, C. R. **206**, 1525, 1938; Astrophys. J. **88**, 164, 1938.
- [11] L. Vegard, Nature **145**, 623, 1940.
- [12] G. Cario und U. Stille, Abh. Braunsch. Wiss. Ges. **2**, 40, 1950.
- [13] J. Bricard und A. Kastler, Ann. Geophys. **6**, 286, 1950.
- [14] Weltall **41**, 79, 1941.
- [15] Z. Geophys. **17**, 57, 1941.
- [16] J. Bartels, Z. Geophys. **17**, 56, 1941.
- [17] J. Bricard und A. Kastler, Mém. Soc. Roy. Sci. Liège **12**, 87, 1952.
- [18] G. Cario und U. Stille, Z. Phys. **138**, 372, 1954.